

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Филатовой Натальи Николаевны на диссертационную работу
Кузенкова Николая Петровича «Алгоритмы обработки и анализа речевых сигналов
в решении задач диагностики речевых патологий», на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационное исследование Кузенкова Николая Петровича посвящено разработке и совершенствованию алгоритмов анализа речи с целью диагностики заболеваний, вызванных органическими поражениями головного мозга. Автор построил свои исследования на основе применения методов нелинейной динамики.

На данном этапе известны работы отечественных и зарубежных исследователей, применивших эти методы для диагностики (*и даже прогнозирования*) состояний, связанных с эпилептическими приступами (Аристов А. В., Меклер А. А.), а также интерпретации эмоционального состояния пациента (Kwon O.-W., Chan K., Douglas-Cowie E., Старченко И. Б., Перервенко Ю. С.). В качестве объектов рассматривались образцы ЭЭГ-сигналов или паттерны речи.

Речь человека, являясь основным средством общения, связана с множеством разнообразных процессов по обработке и передаче информации, обеспечивающих реализацию коммуникативных и когнитивных функций. Решение проблемы диагностики и реабилитации речевых патологий имеет большое значение как для отдельного больного с речевыми патологиями, так и для общества в целом. Особое положение занимают нарушения речи, возникающие при органических поражениях мозга, — афазии и дизартрии. Эти патологии, как правило, приводят к длительным периодам лечения и реабилитации, а также к тяжёлым социальным последствиям для больных и их близких. Для повышения эффективности лечебных мероприятий по восстановлению утраченных речевых функций при нейропатологиях необходимо создание новых методов количественной, объективной оценки тяжести нарушения речевой функции. Важной составляющей речевой диагностики является инструментальное исследование речевого сигнала.

Классическим способом анализа речи являются спектральные и близкие к ним методы, широко используемые при анализе звукопроизношения. Привлечение методов нелинейной динамики обусловлено их чувствительностью к изменениям в анализируемых динамических системах. Выбор между классическими методами спектрального анализа и нелинейной динамикой в пользу последней обусловлен отсутствием существенных нарушений звукопроизношения при некоторых патологиях (заикание, некоторые эфферентные афазии) с одновременным разрушением амплитудно-временного строя речи.

Следовательно, использование методов нелинейной динамики в задачах диагностики речевых патологий является актуальной темой исследования. Выбранная автором область исследований является перспективным направлением применения информационных технологий, способствующих созданию новых средств количественной оценки изменений акустоэлектрических (биоэлектрических) сигналов, которые позволят расширить множество не инвазивных методов диагностики человека.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертация включает введение, 3 главы текста, заключение, список терминов и определений, список литературы, двух приложений с текстом программы, разработанной автором и копией акта внедрения.

Основные научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, хорошо обоснованы и сопровождаются подробными комментариями.

Автор достаточно подробно рассматривает основные положения методов нелинейной динамики, которые ему необходимы для построения собственных моделей и алгоритмов решения прикладных задач классификации образцов русской речи с определенными видами патологий.

В первой главе диссертации выполнен подробный анализ особенностей объекта исследования – образцов речи, зарегистрированных при отдельных видах нейросенсорных патологий, выделены отличительные признаки, регистрируемые без применения инструментальных методов исследования.

Во второй главе проведено исследование отдельных характеристик фазовых портретов модельных сигналов. Исследовались свойства информационной двоичной энтропии, которую предлагается использовать для количественного описания динамики фазовых портретов, реконструированных по паттернам речи и временным рядам сконструированным из оценок длительности фонем или оценок длительности пауз. На основе анализа экспериментов с модельными сигналами автор выдвинул гипотезу о возможности использовать оценку энтропии заполнения фазовых пространств для выявления информации о существовании скрытых периодичностей в исследуемом сигнале.

Анализ методов исследования аттракторов, применявшихся специалистами для оценки свойств биомедицинских и речевых сигналов, закономерно сфокусировал внимание автора на взаимосвязанных характеристиках – корреляционной размерности и корреляционном интеграле, а также показателе Хёрста. В параграфе 2.2 приведены известные из литературы сведения об особенностях алгоритмов оценки корреляционной размерности. Этот материал в диссертации мне кажется излишним, т.к. практически повторяет многократно воспроизведенные и описанные в разных источниках (в том числе и в исследованиях биомедицинских сигналов) результаты.

Представляет интерес предложенная модификация алгоритма вычисления показателя Хёрста, обеспечивающая увеличение точности оценки показателя. На модельных примерах показана эффективность нового алгоритма по сравнению с традиционным при анализе достаточно длинных рядов и вычислении количества значений нормированного размаха, меньшем длины анализируемого ряда. В дальнейшем полученные на модельных сигналах результаты автор использовал для создания специализированных средств автоматического анализа речи и формирования диагностической гипотезы.

В третьей главе приведены разработки автора, направленные на решения основных задач диссертации.

В параграфе 3.1. описаны основные положения метода анализа и классификации речи в норме и патологии. Для решения задачи автор формирует модель речи, используя 14 характеристик: четыре из них определяются на основе темпо-ритмового анализа образца речи, остальные – путем аппроксимации графика энтропии. Правила классификации таких моделей, сформулированные в процессе анализа экспериментальных паттернов речи, объединены в классификационное дерево. В процессе диагностики осуществляется сравнение параметров модели анализируемого образца речи с аналогичными параметрами в узлах дерева.

Предложенный метод позволяет по количественным характеристикам речи испытуемых дифференцировать патологии, связанные с органическими нарушениями работы коры головного мозга, поражениями подкорковых структур и норму. Остальные разделы третьей главы посвящены детализации алгоритмов, формирующих оценки признаков, объединенных в модель паттерна речи. Автор разработал модифицированный алгоритм вычисления корреляционного интеграла для произвольной размерности пространства вложения, позволяющий сократить время расчета.

Предложено описание структуры речевого сигнала в виде блуждания точки между кластерами фазового пространства. Эта модель позволяет создавать графические интерпретации динамики переходов между кластерами, фактически оценивать вероятности переходов фоном из кластера в кластер.

В третьей главе приведен значительный объем расчетов, выполненных для множества паттернов речи с помощью разработанных алгоритмов и программ, приведены результаты верификации алгоритма диагностики на смешанной выборке образцов речи.

При формулировке выводов, обосновании выдвигаемых ограничений автор корректно использовал опубликованные другими исследователями материалы. Список литературы включает 130 наименований.

Анализ содержания диссертации позволяет считать достаточно обоснованными научные положения и выводы, приведенные в диссертации.

Научной новизной обладают следующие результаты исследования:

- метод анализа и классификации речи в норме и при моторных речевых патологиях, а также алгоритм для его реализации,

- метод и алгоритм расчета энтропии заполнения фазовых пространств, позволяющий обнаруживать как периодические компоненты сигналов, так и периодически изменяющиеся характеристики сигналов;

- модель описания динамики длительностей речевых звуков и пауз в виде случайных блужданий между кластерами в фазовом пространстве;

- модифицированный алгоритм вычисления показателя Хёрста, увеличивающий точность оценки показателя;

- новые алгоритмы анализа, трансформации и визуализации речевых сигналов на основе методов нелинейной динамики.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость работы заключается в развитии технологии применения методов нелинейной динамики для анализа образцов естественной русской речи пациентов с патологиями, вызванными органическими поражениями головного мозга. Созданные алгоритмы и модели позволяют расширить область применения информационных технологий в доказательной медицине.

Практическая значимость работы заключается в создании программных средств реализующих предложенные метод и алгоритмы автоматизированной диагностики речевых патологий.

Разработанные в диссертации программы используются в Профессорской клинике Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России в лечебном процессе с целью восстановления высших психических функций при выполнении научно-исследовательских и диагностических работ (компьютерный анализ речи), что подтверждено документами о внедрении.

В государственном реестре программ для ЭВМ зарегистрировано два разработанных программных продукта: «Система дефектоскопии речи» зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ (2016 свидетельство № 2013613703 Система дефектоскопии речи / Кузенков Н. П., Логинов В. М. 15 апреля 2013 г.), и «Анализатор динамических систем (DYNSAN, 0.1)» (2016 свидетельство № 2015614770 / Кузенков Н. П. 28 апреля 2015 г.).

Достоверность результатов работы

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается применением методов нелинейной динамики, математической статистики методов разработки программного обеспечения, данными компьютерного моделирования, а также сравнением полученных результатов с результатами, приведенными в научной литературе.

Работа прошла апробацию в печати и на конференциях. Автору принадлежит 12 печатных работ по теме исследования (из них 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК). Подтверждается участие в нескольких научно-технических

конференциях. Содержание автореферата полностью отражает основные идеи, методы и результаты, полученные в диссертации.

Таким образом, можно сделать вывод, что все теоретические положения, вынесенные на защиту, достоверны.

Основные замечания по диссертационной работе

1. При прочтении диссертации местами возникают противоречия между утверждениями автора. Обычно это связано с использованием разных обозначений для одной и той же переменной. Например, D – мерное фазовое пространство (с. 45), но далее D – минимальная размерность аттрактора, порождающего данный временной ряд. В тексте работы автор в ряде случаев использует понятия алгоритм, метод и методика как синонимы. Так в названии параграфа 3.1 (с. 63) присутствует алгоритм классификации речевых патологий. Но на с. 71 этот же результат именуется как метод анализа и классификации речи в норме и патологии. Аналогичная путаница происходит при описании метода вычисления энтропии заполнения фазовых пространств (параграф 2.3, на с. 53 это уже методика).

2. Названия отдельных параграфов не отражают описываемых решений. Так параграф 2.1 «Темпо-ритмовый анализ» содержит только общее описание методики формирования временных рядов из отдельных фонем и пауз. Приведены ссылки на анализ статистических свойств подобных рядов. Подробное описание алгоритма можно найти только в автореферате. Содержание параграфа 3.2 «Динамическая модель речевого аппарата и её статистические свойства» не включает описания структурных (анатомических) или функциональных особенностей аппарата генерации речевых сигналов. Модель отображает изменения во времени некоторых характеристик звуков, т.е. объектов, формирующихся с помощью этого аппарата.

3. Нет результатов анализа характеристик сформированных искусственных выборок из фонем $\{U_j\}$ и пауз $\{V_k\}$ для множества пациентов, принимавших участие в исследованиях. Рисунки 26–28 практически не иллюстрируют рассматриваемый в параграфе 3.1 алгоритм.

4. В диссертации не приведены выводы по результатам отдельных глав, что затрудняет восприятие общей концепции работы. На всех рисунках отсутствуют подписи осей координат, не всегда указана размерность переменных. Имеются опечатки (например, в оглавлении диссертации два параграфа 3.2 с разными названиями).

5. Включение всех результатов в одну 3-ю главу усложняет восприятие материала. Структура диссертации могла бы быть улучшена путем разделения третьей главы на две отдельные с соответствующими выводами.

Хочу отметить, что указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение

На основании анализа содержания рукописи и автореферата диссертации Н. П. Кузенкова «Алгоритмы обработки и анализа речевых сигналов в решении задач диагностики речевых патологий» можно сделать обоснованное заключение о соответствии диссертации требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в редакции от 01.10.2018).

Автор диссертации Кузенков Николай Петрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Официальный оппонент
 профессор кафедры автоматизации
 технологических процессов
 федерального государственного
 бюджетного образовательного
 учреждения высшего образования
 «Тверской государственной
 технической университет»
 (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, 22;
 (4822) 78-53-66; common@tstu.tver.ru; http://www.tstu.tver.ru),
 доктор технических наук (05.13.12 –
 Системы автоматизации проектирования),
 профессор

Филатова Наталья Николаевна

27.03.2019

